مجله علمی مهندسی مکانیک
ISSN: 1605-9719
سال ۲۹، شماره ۱۳۰، صفحات ۶۶–۷۱، نوع مقاله: ترویجی

نقش دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای در طراحی وسایل نقلیه

رضا محمدی‌کیا[۱ و *]، مرتضی علی‌اصغری[۲]

[۱] گروه مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه صنعتی ارومیه، آذربایجان غربی، ایران
*مسئول مکاتبات: mohammadikia@email.kntu.ac.ir

◄ چکیده

طراحی وسایل نقلیه از جمله مهم‌ترین مراحل تولید محصول در صنایع خودروسازی است. امروزه پیشرفت تکنولوژی موجب افزایش تقاضا برای دسترسی به وسایل نقلیه مدرن شده است. در این راستا، طراحی وسایل نقلیه در به‌روزرسانی ویژگی‌های بصری و تجهیزات محصول، به منظور افزایش راحتی و ایمنی سرنشینان، نقش بسزایی دارد. کیفیت و ظاهر مطلوب از جمله عوامل تأثیرگذار در فروش موفق محصولات هستند. به همین دلیل شرکت‌های تولیدکننده وسایل نقلیه توجه ویژه‌ای به مقولهٔ طراحی می‌کنند. در این مقاله به چالش‌های موجود در روند طراحی وسایل نقلیه پرداخته شده که چگونه تعامل بین رشته‌های مختلف می‌تواند محدودیت‌های طراحی موجود را برطرف نماید. سطوح به‌کار رفته در وسایل نقلیه از دقت و ظرافت طراحی مطلوبی برخوردار هستند و موضوع استفاده از دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور در تحقق این امر تأثیرگذار است. با استفاده از نتایج بدست آمده می‌توان گفت که کاهش مدت زمان فرآیند طراحی و افزایش کیفیت سطوح به‌کار رفته دو عامل مهم در بهره‌وری طرح هستند. در پایان مشخص می‌شود که توسعهٔ ابزار مورد نیاز می‌تواند مدت زمان فرآیند طراحی را بهینه و محدودیت‌های ناشی از قابل ساخت بودن طرح را حذف کند.

◄ واژگان کلیدی

دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای
طراحی وسایل نقلیه
CNC پنج محور
طراحی خودرو
بهینه‌سازی و بهره‌وری

◄ تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۷/۱۰

۱ مقدمه

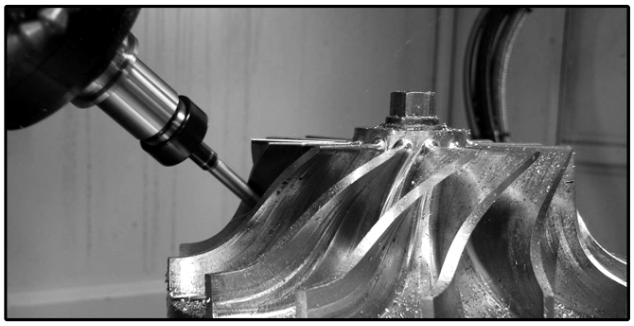
در دهه‌های اخیر تحولات وسیعی در حوزهٔ صنعت، طراحی و تولید به وجود آمده و توسعهٔ سریع تکنولوژی و تغییرات روزبه‌روز آن باعث شده محققان و فعالان در این حوزه به بررسی و تغییر شیوه‌های طراحی و تولید بپردازند. دسترسی به بازارهای جدید، افزایش کیفیت و زیبایی از عواملی هستند که در این زمینه مورد توجه قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، استفاده از رایانه‌ها برای کنترل تجهیزات صنعتی موجب افزایش دقت شده به طوری که امکان کنترل، نظارت و پردازش مراحل مختلف یک فرآیند به صورت هم زمان حاصل گردیده است [۱–۴]. با گسترش روز افزون جوامع بشری تقاضا برای دسترسی به وسایل نقلیه با کیفیت مطلوب، افزایش یافته به طوری که استفاده از تجهیزات پیشرفته در طراحی این نوع از محصولات امری لازم و ضروری هستند. ماشین‌های فرز[۱] و قابلیت‌های گوناگون آنها در صنعت باعث شده این دستگاه‌ها نقش بسیار مؤثری در تامین قطعات اولیه مورد نیاز در صنایع مختلف را داشته باشند [۵–۷]. با پیشرفت فناوری در زمینه‌های الکترونیک، رایانه و استفاده از آنها برای کنترل دستگاه‌های فرز موجب ارتقای قابلیت‌های این نوع از دستگاه‌ها شده است. از طرفی دیگر ظهور نرم افزارهای پیشرفته، محیطی را مهیا می‌سازد که کاربر می‌تواند ایده‌های خود را طرح، مدل و شبیه سازی کند. همچنین برخی از این نرم‌افزارها توانایی ارتباط با دستگاه‌های کنترل موقعیت را دارند، به طوری که مدل سه‌بعدی طراحی‌شده و قالب‌های مربوط به آن را تراشیده و ایجاد می‌کند [۸، ۹]. در ادامه دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای و نقش آنها در تامین قطعات که دارای سطوح پیچیده صنعتی هستند، معرفی شده است. سپس مفاهیمی در زمینه طراحی وسایل نقلیه، مدل‌سازی سه بعدی در محیط رایانه‌ای، مدل‌سازی فیزیکی در ابعاد واقعی و محدودیت‌های طراحی بیان شده است. در پایان راهکاری به منظور بهینه‌سازی روند طراحی ارائه گردیده و نتایج بدست آمده جمع‌بندی شده است.

۲ دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای

در سال ۱۹۴۷، شرکت پارسونز[۲] تحقیقاتی را به منظور گردآوری اطلاعاتی از اجسام سه‌بعدی که جهت کنترل دستگاه‌هایی برای ساخت هواپیما استفاده می‌شد، آغاز کرد. در سال ۱۹۴۹ اولین قرارداد ساخت دستگاه کنترل عددی[۳] منعقد شد. سه سال بعد محققان با استفاده از یک کنترل‌کنندهٔ ساختار یافته توانستند حرکت هم‌زمان سه محور[۴] را ایجاد کنند [۱۰]. نام اختصاری و شناخته‌شدهٔ دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای[۵] در صنعت دستگاه‌های CNC است. این دستگاه‌ها با توجه به کاربرد آنها در صنایع مختلف می‌توانند ساختار متفاوتی داشته باشند و تعداد محورهای استفاده‌شده در ساختار آنها با کاربرد آنها ارتباط دارد. به عنوان مثال اکثر دستگاه‌های برش CNC دارای دو محور x و y هستند که می‌توانند موقعیت‌های مکانی روی یک صفحه با طول و عرض محدود را پوشش دهد. از معروف‌ترین نوع این دستگاه‌ها می‌توان به دستگاه CNC برش[۶] و دستگاه CNC فرز[۷] اشاره کرد. در زمینه‌هایی که

[1] milling machines [2] Parsons [3] numerical control system [4] axis [5] Computer Numerical Control [6] CNC cutting machine [7] CNC milling machine

دقت بالا، استانداردسازی و تولید سریع ملاک هستند، دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای نقش مهم و ضروری در تامین تجهیزات مورد نیاز را ایفا می‌کنند. بسیاری از سطوح مورد نیاز فرآیندهای صنعتی دارای اشکال سه بعدی، نامتقارن و پیچیده هستند. به دلیل همین منحنی‌های غیر عادی موجود در قطعه‌کارها[۸]، فرآیند ماشین‌کاری[۹] به سادگی قابل انجام نیست. همین موضوع موجب افزایش تقاضا جهت بهرگیری از دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای شده است [۱۱–۱۳]. شکل ۱ دستگاه CNC پنج محور را که در حال لایه‌برداری[۱۰] از پره‌های توربین هستند را به تصویر کشیده است.



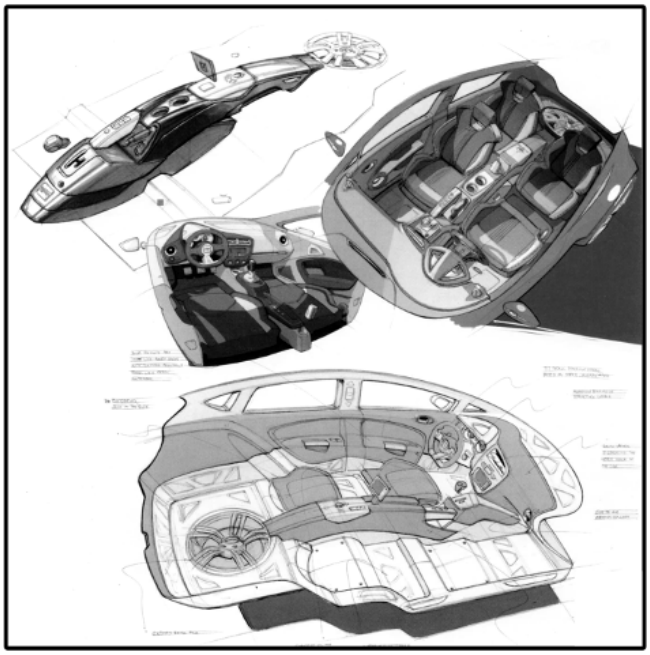
شکل ۱: دستگاه کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور در حال کار [۱۴].

همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌کنید پره‌های توربین محدودیت‌هایی را برای فرآیند ماشین‌کاری ایجاد کرده است که با استفاده از دستگاه‌های CNC سه و یا چهار محور تولید چنین محصولی با کیفیت سطح مناسب و دقیق، دشوار و یا غیرممکن است.

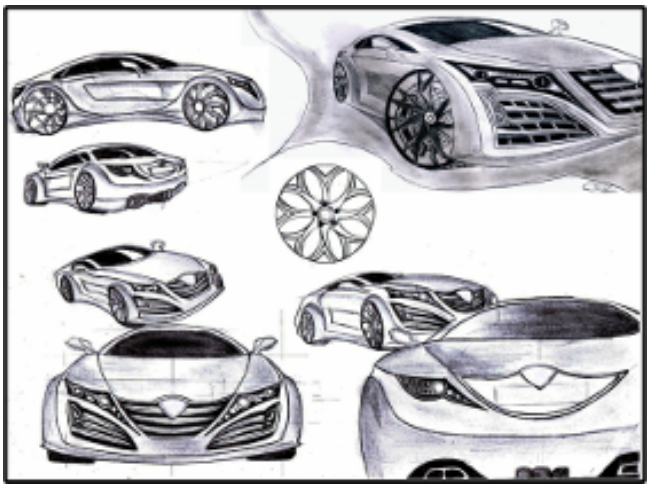
۳ طراحی وسایل نقلیه

طراحی وسایل نقلیه[۱۱] در ایران با نام طراحی خودرو[۱۲] نیز شناخته می‌شوند. طراحی وسایل نقلیه فرآیند زمان‌بری است که توسط تیم طراحی انجام می‌پذیرد. تیم طراحی متشکل از افراد متخصص در رشته‌های مختلف هستند که اصلی‌ترین وظایف آنها، توسعه ظاهری و به‌روزرسانی تجهیزات جهت افزایش ایمنی و راحتی سرنشینان است [۱۵]. طراحان عموماً افرادی خبره در رشته طراحی صنعتی هستند که از دیدگاه هنری ایده‌های خود را در سه حوزهٔ طراحی خارجی[۱۳]، طراحی داخلی[۱۴] و طراحی رنگ تریم[۱۵] روی کاغذ و یا در نرم‌افزارهای طراحی، اسکچ[۱۶] می‌کنند. شکل ۲ و شکل ۳ به ترتیب نمونه‌های از طراحی داخلی و طراحی خارجی خودرو را به تصویر کشیده‌اند.

در طراحی وسایل نقلیه بایستی فرم آیرودینامیکی محصول نیز مورد توجه قرار گیرد. استفاده از فرم‌های بیونیکی[۱۷] و الهام‌گیری از طبیعت شامل مواردی هستند که می‌توانند در طرح و نوآوری محصول نقش حائز اهمیتی ایفا کنند [۱۶]. در ابتدای فرآیند، تیم طراحی داده‌ها و مشخصاتی را به عنوان ورودی دریافت می‌کنند. سپس با توجه به این اطلاعات، طرح‌های اولیه را در راستایی پیش می‌برند هم که در چهارچوب مشخصات داده شده و هم در زمان ارائه محصول به بازار، نسبت به محصولات سایر شرکت‌ها، دارای نوآوری و تکنولوژی برتری باشند. ایده‌های ارائه‌شده در طرح و موضوع قابل ساخت بودن ایده‌ها از جمله چالش‌های اصلی برای تیم طراحی هستند که در روند طراحی مرتباً آنالیز و بررسی می‌شود و در صورت نیاز به اصلاح به طرح اولیه بازخورد می‌شود. همچنین اتمام فرآیند طراحی در موعد مقرر و حضور به موقع محصول در بازار اهمیت ویژه‌ای در موفقیت یک طرح دارد [۱۴].



شکل ۲: نمونه‌هایی از طراحی داخلی وسایل نقلیه [۱۷].



شکل ۳: نمونه‌هایی از طراحی خارجی وسایل نقلیه [۱۸].

۴ مدل‌سازی سه بعدی در محیط رایانه‌ای

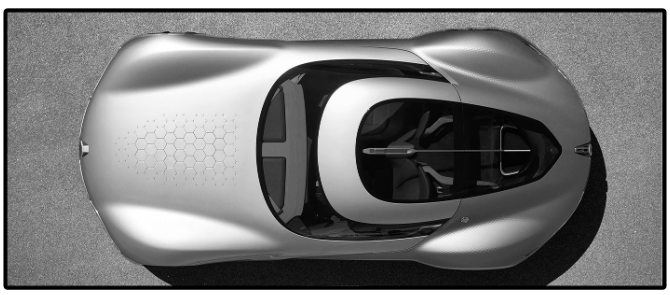
مدل‌سازی سه بعدی در محیط رایانه‌ای نوعی طراحی به کمک رایانه[۱۸] محسوب می‌شود و پس از مرحله اسکچینگ[۱۹] انجام می‌گیرد. در این مرحله اسکچ‌های انتخاب‌شده برای ادامه فرآیند طراحی در محیط رایانه با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای مختلف، مدل‌سازی می‌شوند. مدل‌های سه‌بعدی این امکان را فراهم می‌آورد که طرح مورد نظر از نماهای مختلف بررسی و پرسپکتیوهای[۲۰] دقیق‌تری از آن‌ها تهیه شوند.

[8]workpiece [9]machining [10]milling [11]Transportation vehicle design [12]automotive design [13]exterior design [14]interior design [15]Color and trim design [16]sketch [17]bionics [18]computer-aided design [19]sketching [20]perspective

همچنین در این روش به مدل سه‌بعدی ایجادشده جزئیات مختلفی مانند رنگ، بافت[۲۱]، سایه و غیره اضافه می‌شود که در نهایت تصویرهایی که بسیار نزدیک واقعیت است گرفته می‌شود که به آنها رندرینگ[۲۲] نیز می‌گویند [۱۹]. شکل ۴ مدل سه بعدی رایانه‌ای از طرح خودرویی را نشان می‌دهد که در دو نمای پرسپکتیو مختلف در محیط نرم افزاری رندر شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید مدل گرافیکی بسیار شباهت به عکس واقعی داشته و جزئیات مختلفی نظیر بافت، رنگ، نحوهٔ انعکاس نور و سایه در سطوح بدنه طرح اعمال شده است.

شکل ۴: رندرینگ از مدل سه‌بعدی رایانه‌ای.

از جمله نرم‌افزارهای کاربردی در این زمینه می‌توان به راینو[۲۳] و اتودسک آلیاس[۲۴] اشاره کرد. نرم‌افزارهای معرفی‌شده محیطی را فراهم می‌آورند که طراحان بتوانند سطوح کلاس آ[۲۵] مورد نظر خود را خلق و توسعه بدهند. سطوح کلاس آ از دقت مهندسی و ظرافت طراحی مطلوبی برخوردار هستند. از جمله نمونه‌های این سطوح می‌توان به اشکال سه‌بعدی نوربز[۲۶] اشاره کرد. در این سطوح یک سیستم ریاضی برای محاسبه و ارائه منحنی‌های دوبعدی به صورت سطوح سه بعدی در گرافیک رایانه‌ای استفاده می‌شود [۲۰]. شکل ۵ نمای فوقانی خودروی مفهومی[۲۷] رنو ترزور[۲۸] به تصویر کشده است. در این تصویر می‌توان کیفیت سطوح کلاس آ به کار رفته را مشاهده کرد.



شکل ۵: انعکاس یکنوا و صاف در سطوح کلاس آ خودروی مفهومی رنو ترزور [۲۱].

فایل‌های مربوط به طرح‌های مدل‌سازی‌شده قابل انتقال به نرم‌افزارهای دیگر نظیر تری‌دی‌مکس[۲۹]، کتیا[۳۰]، سالیدورکس[۳۱]، پاورمیل[۳۲] و غیره هستند. بنابراین می‌توان با انتقال فایل‌های مدل‌سازی‌شده به سایر نرم‌افزارها طرح را از دیدگاه‌هایی نظیر آنالیزهای مهندسی، رندرینگ و یا الگوی ماشین‌کاری در دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای مورد ارزیابی قرار داد.

۵ ساخت مدل فیزیکی در ابعاد واقعی

طرح‌هایی که بر روی کاغذ اسکچ شده‌اند، پایه و اساس مدل‌های سه بعدی رایانه‌ای را تشکیل می‌دهند. برای ارزیابی دقیق‌تر طرح به منظور قابل ساخت بودن، لازم است مدل فیزیکی اولیه‌ای از طرح تهیه گردد که به آن مدل گلی[۳۳] نیز گفته می‌شود [۲۲، ۲۳]. در این مرحله دستگاه CNC با بهرگیری از داده‌های مدل سه بعدی رایانه‌ای، گل مخصوص مدل سازی را که بر روی سازه‌ای پوشش داده شده است، میلینگ یا لایه‌برداری می‌کند. سپس پرداخت‌های نهایی روی مدل زده شده و جزئیات به آن اضافه می‌گردد. شکل ۶ نحوه عمکرد دستگاه CNC شرکت تاریس[۳۴] روی یک مدل گلی را نشان می‌دهد. شکل ۷ مدل گلی پرداخت شده که توسط شرکت بی‌ام‌و تکمیل گردیده را به تصویر کشیده است.

شکل ۶: عملکرد دستگاه CNC پنج محور شرکت تاریس در ساخت مدل فیزیکی [۲۴].

شکل ۷: نمونه‌ای از مدل گلی پرداخت‌شده توسط گروه طراحی شرکت بی‌ام‌و.

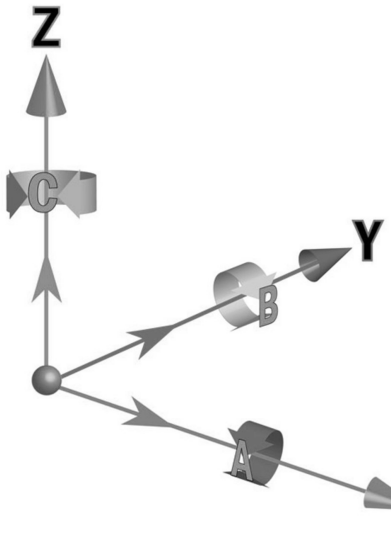
[21] texture [22] rendering [23] Rhinoceros 3D [24] Autodesk Alias [25] Class A surface [26] NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) [27] Concept
[28] Renault Terzor [29] 3D Max [30] CATIA [31] SolidWorks [32] PowerMill [33] Clay modeling [34] Tarus

در شکل ۷ برای نشان دادن و نمایان کردن سازهٔ مورد استفاده داخل مدل که در حالت عادی در معرض دید نیست با برش دادن دقیق و جزءبه‌جزء قسمت خارجی، بخش‌های مختلف سازهٔ داخل مدل آشکار شده است. یکی از سؤالاتی که در این بخش می‌تواند مطرح شود این است که، چرا ساخت مدل فیزیکی در ابعاد واقعی محصول ضروری است و اهمیت ویژه‌ای در فرآیند طراحی وسایل نقلیه دارد؟ دلایل مختلفی برای ساخت مدل گلی وجود دارد ولی اصلی‌ترین دلیلی که می‌تواند به این سؤال پاسخ دهد این است که مدل فیزیکی ساخته‌شده کیفیت سطح طرح را مشخص می‌کند و همچنین شرایطی را مهیا می‌کند که اگر طرح مورد نظر نیاز به اصلاح داشته باشد می‌توان به تغییر آن پرداخت. جزئیات اضافه‌شده به مدل در ابعاد واقعی، هنگام تغییر منابع روشنایی و ایجاد سایه روی سطوح از زاویه دید مختلف، موجب تشخیص کیفیت سطوح به کار رفته می‌گردد [۲۲]. تصویر نشان داده‌شده در شکل ۸ نمونه‌ای از مدل فیزیکی به‌همراه جزئیات اضافه‌شده به نیم‌تنه آن را نمایش می‌دهد.

شکل ۸: مدل فیزیکی به همراه جزئیات اعمال‌شده به نیم‌تنه آن [۲۵].

۶ دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور

زمانی که از واژهٔ پنج محور برای دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای استفاده می‌شود، در واقع به موضوع توانایی دستگاه CNC جهت حرکت دادن همزمان بخشی و یا ابزاری در پنج محور مختلف اشاره می‌شود. در ماشین‌کاری با دستگاه‌های CNC سه محور، بخشی از دستگاه در دو جهت (X و Y) حرکت داده می‌شوند و ابزار به صورت عمودی (Z) جابه‌جا می‌گردد. در ماشین‌کاری پنج محور مراکز دستگاه توانایی این را دارند که در دو محور دوار (محور دوار A یا B و محور دوار C) نیز چرخش داشته باشند که این موضوع کمک می‌کند که ابزار از هر جهتی به قطعه مورد نظر دسترسی داشته باشد [۲۶]. دستگاه‌های CNC پنج محور به‌طور کلی به دو نوع میزچرخشی[۳۵] و هد گردان[۳۶] دسته‌بندی می‌شوند. محورهای دوار در دستگاه‌های میزچرخشی توسط حرکت میزکار دستگاه توصیف می‌شوند در حالی که در دستگاه‌های هد گردان، محورهای دوار با گرداندن اسپیندل[۳۷] قادر به تغییر موقعیت هستند. هر یک از این ساختارها مزایای خاص خود را دارند که می‌توان در شرایط کاری مختلفی از قابلیت آنها استفاده نمود. در شکل ۹ محورهای موقعیتی[۳۸] X، Y، Z و محورهای دورانی[۳۹] A، B و C نمایش داده شده است.



شکل ۹: محورهای موقعیتی X، Y، Z و محورهای دورانی A، B و C [۲۷].

در زمینه‌هایی که حجم ماشین‌کاری زیاد باشد و ضرورتی برای جبران فضایی که به اسپیندل گردان احتیاج دارد، وجود نداشته باشد، از دستگاه‌های میزچرخشی بهره‌گیری می‌شود. در ساختار دستگاه‌های میزچرخشی محور دوار A (دوران حول محور X) و محور دوار C (دوران حول محور Z) به همراه محورهای موقعیتی X، Y و Z مورد استفاده قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، دستگاه‌های هد گردان توانایی ماشین‌کاری قطعات سنگین را دارند که در این ساختار میزکار به صورت افقی می‌باشد. در ساختار دستگاه‌های هد گردان، ماشین‌کاری با یک محور دوار B (دوران حول محور Y) و یک محور دوار C (دوران حول محور Z) و سه محور موقعیتی X، Y و Z انجام می‌شود [۲۸]. از آنجایی که در طراحی وسایل نقلیه، مدل فیزیکی در ابعاد واقعی ساخته می‌شود، وزن مدل زیاد و ابعاد آن نسبت به سایر قطعه کارها بزرگ است و حرکت دادن و تغییر موقعیت مدل، روشی ساده و کارآمدی نیست. بنابراین برای ساخت مدل فیزیکی در ابعاد واقعی از ساختار متفاوتی برای دستگاه‌های CNC پنج محور استفاده می‌شود که شباهت بسیاری به ساختار هد گردان دارد. در این ساختار تأثیر هر پنج محور دستگاه در گرداندن و تغییر موقعیت اسپیندل اعمال می‌شود و قطعه‌کار یا مدل فیزیکی ثابت است.

۷ محدودیت‌های طراحی

طراحی وسایل نقلیه به تکنولوژی روز، دانش و ابزار پیشرفته نیاز دارد. هنگامی که شرکت‌های خودروسازی طرح‌های مدرن از آخرین محصولات را ارائه می‌کنند، در کنار آنها تجهیزات و ابزار مورد نیاز فرآیند طراحی و ساخت محصول را نیز توسعه می‌دهند. بنابراین عدم توجه به این مقوله می‌تواند محدودیت‌هایی برای طرح‌هایی که از نوآوری خاصی بهره‌مند هستند، ایجاد کنند و موجب حذف و تغییر بخش‌هایی از طرح اولیه شوند. تغییرات ناشی از محدودیت‌ها در طرح اولیه می‌تواند بیانگر این باشد که محصول

[35] Trunnion-style machine [36] Swivel-rotate-style machine [37] spindle [38] positioning [39] rotating

تولیدی نسبت به نسل قبل محصولات ارتقا و بهبود چندان چشمگیری نداشته است. به همین دلیل توسعه تجهیزات و ابزار مورد استفاده در طراحی و ساخت، در موفقیت محصولات یک شرکت بسیار تأثیرگذار خواهد بود. همچنین ارتقای نرم‌افزارهای رابط بین دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای مورد استفاده در این زمینه می‌تواند در کاهش محدودیت‌های ساخت مؤثر باشد. طرح‌های مفهومی که توسط شرکت‌ها معرفی می‌شوند، آخرین دستاوردهای آنان را به معرض نمایش می‌گذارد. از جمله اهدافی که در ساخت طرح‌های مفهومی وجود دارد می‌توان به حذف محدودیت‌های طراحی برای نسل آینده محصولات آن شرکت اشاره کرد.

۸ بهینه‌سازی

همان طور که قبلاً اشاره شد، طراحی وسایل نقلیه فرآیند زمان‌بری است که عوامل مختلفی در تعیین مدت زمان طراحی تأثیرگذارند و هرگونه تأخیر در روندکار می‌تواند عواقب نامطلوبی در پی‌داشته باشد. از جمله عواملی که موجب تأخیر در روند طراحی شود، می‌توان به محدودیت‌های طراحی و عدم توجه به توسعه ابزار اشاره کرد. دستگاه‌های CNC از جمله ابزاری هستند که در توسعه و تکامل سطوح کلاس آ چه در حوزهٔ طراحی محصول و چه در زمینهٔ قالب‌سازی نقش مهمی ایفا می‌کنند. برخی از سطوح پیچیده که نیاز به دستگاه کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور دارند را می‌توان با تغییر موقعیت قطعه کار، با دستگاه‌های CNC سه و یا چهار محور ایجاد کرد ولی در عوض زمان بیشتری صرف ماشین‌کاری می‌شود و ممکن است محصول دارای کیفیت سطح مناسبی نباشد [۲۹]. در ماشین‌کاری دستگاه CNC سه محور از یک مدل فیزیکی، به دلیل محدودیت دستگاه، بایستی در مراحل مختلف فرایند ماشین‌کاری متوقف شود تا موقعیت مکانی قطعه‌کار و ابزار تغییر یابند. برای مقاصد صنعتی و تولید انبوه دستگاه کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ برابر بهره‌وری[۴۰] بیشتری نسبت به دستگاه‌های CNC سه محور داشته باشند [۳۰–۳۲]. همچنین با استفاده از تکنیک‌های لایه‌برداری پیشرفته در دستگاه‌های CNC پنج محور زمان ماشین‌کاری قطعات ۸۵ درصد کاهش می‌یابد. علاوه براین دستگاه‌های CNC پنج محور در مقایسه دستگاه‌های CNC سه محور کیفیت سطح ماشین‌کاری بالایی دارند [۳۳–۳۶].

۹ نتیجه‌گیری

در این تحقیق، طراحی وسایل نقلیه به عنوان بخش مهمی از مراحل تولید محصولات در صنایع خودروسازی مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای پنج محور و نقش بارز آنها در زمینهٔ طراحی وسایل نقلیه و تامین قطعات پیچیده صنعتی معرفی و ارائه گردید. با توجه به اینکه ویژگی‌های بصری و کیفیت محصولات در انتخاب آنها توسط مشتریان تأثیر بسزایی دارد، طراحی وسایل نقلیه و توسعهٔ دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برای شرکت‌های تولیدکننده وسایل نقلیه برخوردار است. تعامل بین رشته‌های مختلف و مقولهٔ طراحی می‌تواند بسیاری از محدودیت‌ها و چالش‌های موجود در طراحی را برطرف نماید. همچنین با ارائه مفاهیمی در طراحی وسایل نقلیه، ضرورت مدل‌سازی سه‌بعدی در محیط رایانه‌ای و ساخت مدل فیزیکی در ابعاد واقعی بیان شد. نتایج بدست‌آمده از این مقاله حاکی از آن است که کاهش مدت زمان فرآیند طراحی و ارتقای کیفیت سطوح به‌کار رفته در جزئیات، دو عامل تأثیرگذار در بهره‌وری طرح هستند. بنابراین بروزرسانی ابزار مورد نیاز طراحی، استفاده از نسل جدید دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای و ارائهٔ طرح‌های مفهومی می‌توانند چالش‌ها و محدودیت‌های موجود در طراحی وسایل نقلیه را برطرف نمایند. در نهایت این موارد سبب می‌شود که محصولات در زمان مناسب و با نوآوری جدیدتری ارائه گردند. برای چشم‌اندازهای آتی می‌توان نقش ابزار و دستگاه‌های دیگری که می‌توانند جایگزین دستگاه‌های کنترل عددی رایانه‌ای در طراحی وسایل نقلیه شوند را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داد.

ضمائم

لازم به ذکر است که طرح‌های ارائه‌شده در شکل‌های ۳ و ۴ توسط آقای رضا محمدی کیا، نویسنده اول مقاله، طراحی و مدل‌سازی شده است. ایشان دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برق کنترل از دانشگاه صنعتی ارومیه هستند. علاقه‌مندی وی به حوزهٔ طراحی خودرو موجب شده، در کنار رشته تحصیلی خود به فعالیت‌های پژوهشی در زمینهٔ طراحی خودرو و سیستم‌های کنترلی مورد نیاز این حوزه بپردازد. آقای محمدی کیا هم اکنون دانشجوی دکتری برق کنترل دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی هستند.

مراجع

[1] Jinsong, Bao, Yuan, Guangchao, Xiaohu, Zheng, Jianguo, Zhang, and Xia, Ji. A data driven model for predicting tool health condition in high speed milling of titanium plates using real-time scada. *Procedia CIRP*, 61:317–322, 2017.

[2] Bailey, David and Wright, Edwin. *Practical SCADA for industry*. Elsevier, 2003.

[3] Dao, Phong B., Staszewski, Wieslaw J., Barszcz, Tomasz, and Uhl, Tadeusz. Condition monitoring and fault detection in wind turbines based on cointegration analysis of scada data. *Renewable Energy*, 116:107 – 122, 2018. Real-time monitoring, prognosis and resilient control for wind energy systems.

[4] Boyer, Stuart A. *SCADA: supervisory control and data acquisition*. International Society of Automation, 2009.

[5] Okazaki, Yuichi, Mishima, Nozomu, and Ashida, Kiwamu. Microfactory—concept, history, and developments. *Journal of manufacturing science and engineering*, 126(4):837–844, 2004.

[6] Pan, Jeh-Nan and Li, Chung-I. New capability indices for measuring the performance of a multidimensional machining process. *Expert Systems with Applications*, 41(5):2409–2414, 2014.

[40] productivity

[7] Wang, Teng, Lu, Guoliang, and Yan, Peng. Multi-sensors based condition monitoring of rotary machines: An approach of multidimensional time-series analysis. *Measurement*, 134:326 – 335, 2019.

[8] Tang, Hwahsing. Method for rapid forming of a ceramic work piece, April 17 2001. US Patent 6,217,816.

[9] L. J. I. I. James, C. Stahl. Rapid manufacturing group llc. methods and software for reducing machining equipment usage when machining multiple objects from a single work-piece, 2019. U.S. Patent Application 15/871,191.

[10] Koren, Yoram. *Computer control of manufacturing systems*. McGraw-Hill New York et al., 1983.

[11] Valentino, James and Goldenberg, Joseph. *Introduction to computer numerical control (CNC)*. Prentice Hall Englewood Cliffs, 2003.

[12] Hu, Q., Chen, Y., Yang, J., and Zhang, D. An analytical c3 continuous local corner smoothing algorithm for four-axis computer numerical control machine tools. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 140:15, 2018.

[13] Ye, Y., Hu, T., Yang, Y., Zhu, W., and Zhang, C. A knowledge based intelligent process planning method for controller of computer numerical control machine tools. *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 1–17, 2018.

[14] Impeller machining. Online, March 2018. http://deccanew.com/impeller-machining.php.

[15] Wikipedia contributors. Automotive design — Wikipedia, the free encyclopedia, 2020. [Online; accessed 5-April-2020].

[۱۶] رحیم‌نژاد باغچه جوقی، شبنم و سعیدی گوگرچین، حامد. صنعت خودرو درپی راه‌حل‌هایی برگرفته از طبیعت. *مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران*، ۲۳(۹۵):۶۰–۷۰، ۲۰۱۴.

[17] Eissen, Koos and Steur, Roselien. *Sketching: drawing techniques for product designers*. Bis, 2007.

[۱۸] نوآوران: ارج نهادن به استعدادها. *هفته نامه ایران خودرو*، ۲۹۹:۴۳، ۱۳۹۲.

[۱۹] طراحی: آینده را باید پیش‌بینی کنیم. *هفته نامه ایران خودرو*، ۳۴۱:۲۸–۳۰، ۱۳۹۳.

[20] Piegl, Les and Tiller, Wayne. *The NURBS book*. Springer Science & Business Media, 2012.

[21] Renault terzor autonomous future. Online, February 2018. https://www.designboom.com/technology/renault-trezor-concept-electric-autonomous-10-01-2016/.

[22] Krause, F-L and Lüddemann, J. Virtual clay modelling. in *Product Modeling for Computer Integrated Design and Manufacture*, pp. 162–175. Springer, 1997.

[23] George, G., Dragos, T., Alexandru, D., and Dragos, L. P. 3d model based process in automotive industry. *In Applied Mechanics and Materials*, 880:151–156, 2018.

[24] Automobile design: Specialized cnc milling and measuring machines for the automobile design studios. Online, 2018. http://tarus.com/machines/vehicle-design/#foobox-1/9/Ford-Mustang-Clay-Model-Tarus-Machine.jpg.

[25] Tesla roadster clay model design. Online, February 2018. https://www.teslarati.com/tesla-roadster-clay-prototype-design-process-hawthorne/tesla-roadster-clay-model-design/.

[26] What is 5-axis? Online, February 2018. http://www.5-axis.org/.

[27] Hurco north america. Online, March 2018. http://www.hurco.com/pages/default.aspx.

[28] The what, why and how of 5-axis cnc machining. https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/11930/The-What-Why-and-How-of-5-Axis-CNC-Machining.aspx, March 2018.

[29] Kuncan, M., Kaplan, K., and Ertunc, H. 5 axis cnc tire surface prototype machine. in *3rd International Symposium On Innovative Technologies In Engineering And Science ISITES*.

[30] Elber, Gershon and Cohen, Elaine. Second-order surface analysis using hybrid symbolic and numeric operators. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 12(2):160–178, 1993.

[31] Jerard, Robert B, Angleton, JM, Drysdale, Robert L, and Su, Peter. The use of surface points sets for generation, simulation, verification and automatic correction of nc machining programs. in *Proceedings of NSF Design and Manufacturing Systems Conference (Tempe, Arizona*, pp. 143–148, 1990.

[32] Li, X. X., Li, W. D., , and H, F. Z. A multi-granularity nc program optimization approach for energy efficient machining. *Advances in Engineering Software*, 115:75–86, 2018.

[33] Marciniak, Krzysztof. Influence of surface shape on admissible tool positions in 5-axis face milling. *Computer-Aided Design*, 19(5):233–236, 1987.

[34] Elber, Gershon. Freeform surface region optimization for 3-axis and 5-axis milling. *Computer-Aided Design*, 27(6):465–470, 1995.

[35] Fish, R. 5-axis freeform surface milling using piecewise ruled surface approximation. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 119:383, 1997.

[36] Bo, P. and Barton, M. On initialization of milling paths for 5-axis flank cnc machining of free-form surfaces with general milling tools. *Computer Aided Geometric Design*, 71:30–42, 2019.